ISSN 0365-7043

ISTITUTO SPERIMENTALE PER LA NUTRIZIONE DELLE PIANTE - ROMA

M. VISINTINI ROMANIN

LE NECESSITA' POTASSICHE DI MAIS IBRIDI PER LE MASSIME PRODUZIONI: ANALISI FOGLIARE E CALCOLO DEGLI INDICI DRIS (Sistema Integrato di Diagnosi e Raccomandazione)

POTASSIUM REQUIREMENTS FOR CORN (Zea Mays) HIGH YIELDS: FOLIAR ANALYSIS AND DIAGNOSIS AND RECOMMENDATION INTEGRATED SYSTEM (DRIS)

ROMA — 1981-1982

M. VISINTINI ROMANIN

LE NECESSITA' POTASSICHE DI MAIS IBRIDI PER LE MASSIME PRODUZIONI: ANALISI FOGLIARE E CALCOLO DEGLI INDICI DRIS (Sistema Integrato di Diagnosi e Raccomandazione)

POTASSIUM REQUIREMENTS FOR CORN (Zea Mays) HIGH YIELDS: FOLIAR ANALYSIS AND DIAGNOSIS AND RECOMMENDATION INTEGRATED SYSTEM (DRIS)

Premessa

Nella moderna coltura del mais si tende ad alte produzioni con la somministrazione di forti dosi di azoto. Le disponibilità potassiche del terreno, sufficienti per le normali produzioni, possono costituire in molti casi un fattore limitante.

Le prove di concimazione potassica sono state impostate con lo scopo di valutare le possibili relazioni fra caratteristiche del terreno, produzioni e analisi fogliare, al fine anche di ottenere indicazioni su eventuali effetti residui della concimazione potassica effettuata negli anni precedenti.

Le prove di campagna, condotte per tre anni (1980, 1981, 1982) sullo stesso terreno, sono state completate dalle relative ricerche di laboratorio.

Sulla base dei primi risultati ottenuti dalle produzioni e dall'analisi fogliare, i quali rivelarono che le originarie disponibilità potassiche del terreno sono insufficienti relativamente alle dosi di azoto impiegate, si ritenne opportuno eseguire le determinazioni dei seguenti cationi: Na^+, K^+, Ca^{++}, Mg^{++} e anioni N, $N\text{-}NO_3^-$, $H_2PO_4^-$, S, $S\text{-}SO_4^{--}$, Cl^-, per ottenere indicazioni dai più importanti rapporti e dagli indici DRIS (sistema integrato di diagnosi e raccomandazione di Beaufils (4) calcolati per il mais secondo Sumner (28).

E' riconosciuta l'importanza dell'analisi fogliare e l'aiuto che essa può fornire per una interpretazione dello stato di fertilità del terreno, del valore degli apporti concimanti, dell'influenza degli andamenti climatici, degli stati di sofferenza delle colture per carenza o squilibri di macro e microelementi.

In base ai dati forniti dall'analisi fogliare, relativi ai vari cationi ed anioni, vengono dai vari autori proposti, per le diverse specie vegetali, livelli critici per ognuno dei singoli elementi o in funzione della concentrazione di altri. Vengono inoltre calcolati rapporti che poi vengono giudicati più o meno adeguati o al di fuori della norma e coefficienti di correlazione fra dati di produzione ed elementi ed elementi fra loro.

Considerato che i vari rapporti vengono ottenuti da valori espressi in % di elementi (molte volte per fosforo e potassio espressi anche come P_2O_5 e K_2O) e in meq/100 g di sostanza secca, abbiamo ritenuto opportuno presentare gli elementi da noi determinati in ambedue le forme, per eventuali confronti con i dati forniti dalla letteratura (2, 3, 9, 10, 13, 16, 18, 20, 22, 23, 31, 32).

Nel calcolo dei vari bilanci fra cationi (Ca, Mg, Na, K) ed anioni (N, S, P, Cl), la somma di questi ultimi può essere calcolata dalla quantità totale utilizzata e la differenza fra anioni e cationi può essere considerata come HCO_3^- eliminato per escrezione dalle radici.

La differenza invece fra la somma dei cationi e la somma degli anioni inorganici C — A = (Ca^{++} + Mg^{++} + K^+ + Na^+) — (N-NO_3^- + + S-SO_4^{--} + $H_2PO_4^-$ + Cl^-) può avvicinarsi alla quantità di acidi organici formatisi (8), (29).

Da alcuni Autori (2), (3) vengono calcolati, oltre al C — A, l'eccesso di basi EB = (Ca + Mg + K + Na) — (Cl + S + P) e il rapporto EB/N, i cui valori possono fornire utili indicazioni sull'influenza delle diverse quantità di N, P e K apportate con la concimazione ad una determinata specie coltivata nei vari ambienti.

La somma di N e S assimilati dovrebbe uguagliare la quantità di acidi organici accumulati nella pianta più la quantità di HCO_3^- eliminata (12), (13).

Lo zolfo viene considerato bivalente come SO_4^{--} e il fosforo tutto inorganico ed espresso generalmente in forma monovalente $H_2PO_4^-$, perché come tale viene per la massima parte assimilato dalle piante. Da alcuni Autori viene calcolato come HPO_4^{--} (10) o PO_4^{---} (32).

Sull'esempio di Beaufils (4), che per lo studio dello stato di nutrizione di alcune piante arboree mise in grafico i valori dei principali rapporti fra gli elementi nutritivi, Fregoni ha adottato lo stesso modo di espressione al fine di giungere alla diagnostica fogliare della vite (10).

Beaufils nel 1976, dopo 25 anni di ricerche, così definisce il sistema integrato di diagnosi e raccomandazione nel sottotitolo della nota « Plant/Soil/Environment Calibration (DRIS) » (4): « General introduction to/and methods of a non specific experimental approach for calibrating the yield and quality factors of the plant, soil, environment, treatments and/or farming pratices as well as their reciprocal chain reactions », precisando che il DRIS non è un « modello » ma un « approccio » non specifico.

Sumner nell'applicare il sistema di Beaufils a varie colture (25) (26) (27), fra le quali il mais, sostiene che gli « indici DRIS » introducono nell'analisi fogliare un importante affinamento, perchè sono in grado di far prevedere sbilanciamenti nutritivi anche quando le concentrazioni dei vari elementi sono superiori ai « livelli » critici di sufficienza. I valori medi, i rapporti ed i valori Cv adottati nel calcolo degli indici DRIS per il mais (28) derivano dalla elaborazione dei dati di analisi fogliare e di produzione relativi a 7855 campioni.

Sebbene il sistema possa venir usato indipendentemente dalla varietà, dall'età della pianta, dalla posizione delle foglie nella pianta ecc., noi abbiamo

scelto una uniforme modalità di campionamento che viene descritta nel capitolo materiali e metodi.

In base ai risultati ottenuti nel 1980 e nel 1981 abbiamo ritenuto opportuno allargare le ricerche: nel 1982, contemporaneamente alla prova triennale di concimazione potassica, sono state effettuate analisi fogliari su due ibridi di mais coltivati su terreni calcarei di dieci località, di una area ristretta della pianura friulana. I dati fino ad ora elaborati ci spingono a completare e ripetere le ricerche presso le stesse aziende, le quali si sono dichiarate disposte a coltivare gli stessi ibridi sugli stessi appezzamenti, con le stesse formule di concimazione e secondo le modalità da noi richieste. I risultati verranno raccolti in una nota successiva.

Materiali e metodi

Le prove di pieno campo sono state eseguite in località Sterpo di Bertiolo (Udine) (*), in una zona di risorgiva della pianura friulana dove vengono normalmente raggiunte elevate produzioni con forti somministrazioni di concimi, particolarmente azotati, e dove la concimazione potassica viene ritenuta assolutamente necessaria.

Nell'analisi del terreno sono stati adottati i seguenti metodi: granulometria con il metodo della pipetta previa dispersione sodica, pH in H_2O e KCl 1N nel rapporto 1 : 2.5 per via potenziometrica, calcare totale col calcimetro di Dietrich-Frühling, azoto totale col metodo di Kjeldahl, carbonio organico col metodo Walkley-Black, capacità di scambio cationico totale con acetato di ammonio a pH 7, la saturazione igroscopica in ambiente saturo d'acqua con soluzione al 2% di H_2SO_4, l'umidità equivalente per centrifugazione a 1000 g, la saturazione idrica massima secondo Duchaufour, l'indice di stabilità della struttura (I.S.) secondo il metodo Malquori-Cecconi modificato da Rotini, P_2O_5 e K_2O solubili in acidi concentrati e bollenti, P_2O_5 assimilabile col metodo Olsen, P_2O_5 e K_2O assimilabili col metodo di Morgan-Peech.

Le prove di concimazione potassica a quadrato latino sono state eseguite per tre anni consecutivi (1980, 1981, 1982; dosi: O-controllo, 200 Kg/ha di K_2O, 400 Kg/ha di K_2O in una soluzione, 400 Kg/ha in due soluzioni, come K_2SO_4) su tre appezzamenti adiacenti, concimati sempre con uguali quantità di azoto (450 Kg/ha) e di fosforo (250 Kg/ha di P_2O_5) e coltivati con lo stesso mais (Asgrow Adda 90, cl 700), e con lo stesso investimento iniziale (6.4 p/m^2).

(*) L'Istituto ringrazia vivamente l'Azienda Eraclit-Venier per l'ospitalità e la collaborazione prestate.

Per la valutazione degli effetti residui di concimazione potassica 1980 e 1981 sono stati mantenuti in prova, eseguendo solo la concimazione con azotati e fosfatici, tutti gli appezzamenti. I dati raccolti ed elaborati si riferiscono ad un totale di sei prove condotte nell'arco di tre anni.

Al momento della fioritura (fra le 9.30 e le 11.00 a.m.) sono state raccolte le foglie dell'infiorescenza femminile (ear leaf-silking stage). I campioni per l'analisi sono stati preparati utilizzando il « terzo medio » di 30 lamine fogliari.

Sui campioni essiccati a 70°-75° C sono state eseguite le seguenti determinazioni: azoto secondo il metodo Kjeldahl; gli elementi minerali (Na, K, Ca, Mg, P, S) con i metodi classici dopo attacco nitroperclorico; SiO_2 per insolubilizzazione; Cl sulle ceneri per titolazione secondo Volhard in presenza di nitrobenzene; Cu, Zn, e Mn per spettrofotometria ad A.A. sull'attacco nitroperclorico.

Sull'estratto acquoso delle foglie (17) sono stati determinati l'azoto ($N\text{-}NO_3$) per doppia distillazione in presenza di MgO e di MgO + lega di Dervada secondo Bremner (5), e lo zolfo ($S\text{-}SO_4$) col metodo al bleu di metilene secondo Johnson e Nischita (14).

Gli indici DRIS son stati calcolati applicando le seguenti equazioni:

$$N_{index} = \frac{f\,(N/K) - f\,(P/N) - f\,(Ca/N) - f\,(Mg/N) - f\,(S/N)}{X}$$

$$P_{index} = \frac{f\,(P/N) - f\,(K/P) - f\,(Ca/P) - f\,(Mg/P) - f\,(S/P)}{X}$$

$$K_{index} = \frac{f\,(K/P) - f\,(N/K) + f\,(K/Ca) + f\,(K/Mg) - f\,(S/K)}{X}$$

$$Ca_{index} = \frac{f\,(Ca/N) + f\,(Ca/P) - f\,(K/Ca) - f\,(Mg/Ca) + f\,(Ca/S)}{X}$$

$$Mg_{index} = \frac{f\,(Mg/N) + f\,(Mg/P) - f\,(K/Mg) + f\,(Mg/Ca) + f\,(Mg/S)}{X}$$

$$S_{index} = \frac{f\,(S/N) + f\,(S/P) + f\,(S/K) - f\,(Ca/S) - f\,(Mg/S)}{X}$$

dove X = numero delle funzioni:

$$f\,(N/K) = \left(\frac{N/K}{n/k} - 1\right) \cdot \frac{1000}{C_v} \quad \text{quando } N/K > n/k$$

$$f\,(N/K) = \left(1 - \frac{n/k}{N/K}\right) \cdot \frac{1000}{C_v} \quad \text{quando } N/K < n/k$$

N/K è ottenuto dai valori di N% e K% determinati nei campioni delle foglie, n/k è il valore considerato nella norma per alte produzioni e C_v è il relativo coefficiente di variabilità.

I valori medi e i coefficienti di variabilità, ottenuti da 7855 osservazioni per il mais, sono i seguenti:

Rapporto	Media	C_v%
p/n	0.108	33
n/k	1.74	45
ca/n	0.200	34
mg/n	0.098	46
s/n	0.082	22
k/p	6.52	39
ca/p	2.43	45
mg/p	1.71	69
s/p	0.812	32
k/ca	3.31	59
k/mg	7.73	74
s/k	0.123	28
mg/ca	0.492	35
ca/s	2.39	54
mg/s	1.20	58

Gli indici DRIS possono avere segno positivo o negativo e si bilanciano a zero per N, P, K, Ca, Mg, S. Quando gli elementi sono presenti in concentrazioni ottimali l'indice DRIS è O per ognuno di essi.

Risultati e discussione

Caratteristiche del terreno. Le caratteristiche del terreno, sul quale sono state eseguite per tre anni le prove di concimazione potassica e le successive prove per la valutazione dell'effetto residuo della concimazione stessa, sono riportate nella tabella 1, separatamente per i tre appezzamenti occupati dalle prove (m 132 × 12) al fine di mettere in evidenza le disformità, purtroppo riscontrate, e tentare di valutare la relativa influenza sui risultati ottenuti. Procedendo da sud verso nord e cioè dal campo 1 (1980) al campo 2 (1981) e al campo 3 (1982) il terreno è risultato meno ricco di carbonati, più tendente all'argilloso e con minor percentuale di scheletro.

Il terreno, derivato da alluvioni fluvio-postglaciali, è decisamente calcareo, a reazione subalcalina, con tessitura di medio impasto, discretamente dotato di azoto totale, non molto dotato di sostanze organiche umificate, con basso rap-

TABELLA N. 1 — *Caratteristiche granulometriche, fisiche e chimiche degli appezzamenti di terreno in prova.*

Physical and chemical characteristics of soil samples.

	Prova concimazione 1980		Prova concimazione 1981		Prova concimazione 1982	
	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
Sulla terra secca all'aria:						
scheletro > 10 mm . . . %	7.64	6.59	4.14	3.92	1.10	1.26
scheletro da 10 a 5 mm . . %	2.62	2.33	1.99	2.18	0.96	1.00
scheletro da 5 a 3 mm . . %	1.09	0.91	1.05	1.20	0.64	0.80
scheletro da 3 a 2 mm . . %	0.55	0.65	0.88	0.68	0.83	0.66
scheletro da 2 a 1 mm . . %	0.55	0.52	1.27	0.89	1.15	0.58
scheletro totale . . . . %	12.45	11.00	9.33	8.87	4.68	4.30
terra fina (< 1 mm) . . . %	87.55	89.00	90.67	91.13	95.32	95.70
Sulla terra fina secca all'aria:						
sabbia (diametro da 1 a 0.02 mm) . . . . . %	38.02	37.96	41.51	40.05	37.50	36.82
limo (diametro da 0.02 a 0.002 mm) . . . . . %	37.73	37.14	31.85	31.05	33.78	34.90
argilla (diam. < a 0.002 mm) %	24.25	24.90	26.64	28.90	28.72	28.28
pH in H_2O (rapp. 1 : 2.5) . .	7.75	7.55	7.80	7.80	7.62	7.58
Calcare totale . . . . %	21.1	18.30	15.0	13.0	7.4	6.5
Azoto totale (N metodo Kjeldahl) . . . . . %	0.217	0.228	0.254	0.245	0.235	0.230
Carbonio organico (metodo Walkley-Black) . . . . %	1.66	1.67	1.38	1.36	1.50	1.48
C/N	7.7	7.3	5.4	5.6	6.4	6.4
Humus (C × 1.724) . . . %	2.86	2.88	2.38	2.34	2.59	2.55
P_2O_5 sol. HNO_3 conc. e boll. %	0.074	0.078	0.083	0.078	0.80	0.79
P_2O_5 assim. (met. Morgan-Barbier) . . . mg/Kg	8.5	6.8	30.4	28.1	21.5	18.0
P_2O_5 assim. (met. Olsen) mg/Kg	5.8	3.6	23.4	16.0	16.5	12.6
K_2O sol. in HCl conc. e boll. %	0.180	0.140	0.215	0.178	0.195	0.206
K_2O assim. (met. Morgan-Barbier . . . mg/Kg	18.2	16.0	31.2	25.0	24.0	21.2
K_2O assim. (da K scambiabile) . . . . mg/Kg	80.1	72.4	94.2	79.5	84.8	75.6
Capacità di scambio cationico (C.S.C.) . meq/100g	19.14	16.89	21.54	20.09	23.80	22.4
Elementi scambiabili:						
K meq/100g	0.17	=	0.20	=	0.21	=
Na meq/100g	0.06	=	0.07	=	0.07	=
Ca meq/100g	16.75	=	19.43	=	21.28	=
Mg meq/100g	2.16	=	1.84	=	2.24	=
Stato di saturazione della C.S.C.:						
K . . . . . %	0.89	=	0.93	=	0.88	=
Na . . . . . %	0.31	=	0.32	=	0.30	=
Ca . . . . . %	87.51	=	90.20	=	89.41	=
Mg . . . . . %	11.29	=	8.54	=	9.41	=
Saturazione igroscopica . . %	5.05	5.34	5.84	6.57	5.58	6.12
Umidità equivalente . . . %	33.79	35.22	34.80	38.36	34.42	36.54
Saturazione idrica massima . %	48.39	48.26	52.47	52.29	50.25	50.10
Stabilità struttura (I.S.) . . .	24.5	34.4	5.8	11.8	6.2	15.4
Colore (Munsell) terreno asciutto .	10 YR 6/4	10 YR 5/4	10 YR 6/4	10 YR 6/4	10 YR 6/4	10 YR 5/4
Colore (Munsell) terreno bagnato .	10 YR 3/4	10 YR 3/4	10 YR 4/4	10 YR 5/4	10 YR 4/4	10 YR 4/4

porto C/N. La capacità di scambio cationico totale è piuttosto bassa e lo stato di saturazione risulta dovuto per oltre il 98% a calcio e magnesio e a meno del-1% al potassio. Le caratteristiche idrologiche e l'indice di stabilità della struttura variano nei tre appezzamenti in dipendenza della tessitura e della quantità di colloidi argillosi e organici presenti. Risulta povero di anidride fosforica e di ossido di potassio di riserva accessibile, (solub. in acidi concentrati) e assimilabili. Posto in zona di risorgenza, presenta un buon franco di coltivazione.

Risultati delle prove di concimazione potassica. Nella tabella 2 vengono riportati i dati essenziali relativi al triennio di prove, tutti i valori delle produzioni ottenute (in qli/ha di granella con il 15.5% di umidità) ed i risultati delle elaborazioni statistiche.

Le prove di concimazione potassica di pieno campo, effettuate sullo stesso appezzamento di terreno concimato per tre anni con azoto e fosforo secondo l'uso aziendale (N : 430 Kg/ha; P_2O_5 : 250 Kg/ha) e coltivato con l'ibrido di mais Adda 90 (classe 700, giorni 132), sono state condotte a quadrato latino con le seguenti varianti: tesi ① testimonio senza potassio, tesi ② 200 Kg/ha di K_2O, tesi ③ 400 Kg/ha di K_2O, in superficie, tesi ④ 400 Kg/ha di K_20 in due soluzioni (200 Kg/ha in superficie).

Nel 1980 la prova è risultata significativa a P 0.01: la produzione è aumentata significativamente con le dosi 400 Kg/ha di K_2O fornite tanto con un unico intervento che in due soluzioni. L'esperimento non è risultato significativo con la dose di 200 Kg/Ha di K_2O.

Nel 1981 le produzioni sono aumentate con la concimazione potassica, ma significativamente solo con i residui dei 400 Kg/ha di K_2O forniti in una sola soluzione.

Nel 1982 la prova di concimazione è risultata significativa a P 0.01: la produzione è aumentata significativamente con le dosi di 400 Kg/ha di K_2O fornite in una e due soluzioni. Le prove basate sulla valutazione dei residui di concimazione non sono risultate significative.

Le alte produzioni ottenute nel 1982 dal campo 1, più elevate dove possono essere stati disponibili ancora residui della concimazione potassica 1980, vanno messe in relazione con le migliori caratteristiche fisiche di questo tratto di terreno.

Nella tabella 3 vengono riportati i grafici relativi alle precipitazioni e alle temperature medie decadali del periodo aprile-novembre (1980-1981-1982). Gli andamenti termometrici e pluviometrici ci permettono di mettere in evidenza quanto segue:

1980 conc. K	semina 18/4	① 83.0	② 90.9	③ 91.3	④ 102.0	367.2
	emergenza 1/5	② 89.2	③ 95.3	④ 105.0	① 90.7	380.2
	fioritura 30/7	③ 107.5	④ 101.2	① 75.3	② 97.9	381.9
	raccolta 21/10	④ 107.9	① 79.9	② 72.8	③ 107.4	368.0
		387.6	367.3	344.4	398.0	1497.3
1981 res. 80	semina 15/4	① 328.9	② 350.8	③ 401.5	④ 416.1	
	emergenza 26/4	82.2	87.7	100.4	104.0	
	fioritura 20/7					
	raccolta 8/10					
1982 res. 80	semina 19/4					
	emergenza 13/5					
	fioritura 14/7					
	raccolta 30/9					

1980 significa. a P 0.01 con 400 Kg/ha di K_2O

semina 15/4	① 113.3	② 104.2	③ 132.3	④ 141.4	491.2
emergenza 26/4	② 122.6	③ 138.5	④ 125.1	① 110.7	496.9
fioritura 20/7	③ 133.6	④ 123.6	① 128.9	② 140.6	526.7
raccolta 8/10	④ 131.1	① 119.3	② 131.7	③ 142.1	524.2
	500.6	485.6	518.0	534.8	2039.0
semina 19/4	① 472.2	② 499.1	③ 546.5	④ 521.2	
emergenza 13/5	118.0	124.8	136.6	130.3	
fioritura 14/7					
raccolta 30/9					

1981 significa. a P 0.05 con residui 400 Kg/ha di K_2O

semina 15/4	① 108.9	② 128.7	③ 123.1	④ 134.5	495.2
emergenza 26/4	② 115.9	③ 144.4	④ 134.6	① 136.8	531.7
fioritura 20/7	③ 130.1	④ 157.3	① 135.9	② 138.3	561.6
raccolta 8/10	④ 139.2	① 110.3	② 137.4	③ 156.1	543.0
	494.1	540.7	531.0	565.7	2131.5
semina 19/4	① 491.9	② 520.3	③ 553.7	④ 565.6	
emergenza 13/5	123.0	130.1	138.4	141.4	
fioritura 14/7					
raccolta 30/9					

1982 non significa.

semina 15/4	① 121.5	② 111.6	③ 127.8	④ 133.7	494.6
emergenza 26/4	② 131.0	③ 121.7	④ 123.6	① 122.2	498.5
fioritura 20/7	③ 124.2	④ 124.7	① 123.5	② 122.8	495.2
raccolta 8/10	④ 125.5	① 109.8	② 131.7	③ 133.4	500.4
	502.2	467.8	506.6	512.1	1988.7
semina 19/4	① 477.0	② 497.1	③ 507.1	④ 507.5	
emergenza 14/5	119.3	124.3	126.8	126.9	
fioritura 19/7					
raccolta 30/9					

1981 non significa.

semina 15/4	① 117.1	② 141.4	③ 118.3	④ 129.5	506.3
emergenza 26/4	② 118.8	③ 112.5	④ 116.9	① 116.9	465.1
fioritura 20/7	③ 118.2	④ 114.9	① 108.6	② 94.7	436.4
raccolta 8/10	④ 121.3	① 116.0	② 113.9	③ 130.9	482.1
	475.4	484.8	457.7	472.0	1889.9
semina 19/4	① 458.6	② 468.8	③ 479.9	④ 482.6	
emergenza 14/5	114.7	117.2	120.0	120.7	
fioritura 19/7					
raccolta 30/9					

1982 non significa.

semina 19/4	① 95.8	② 117.1	③ 117.3	④ 131.9	462.1
emergenza 14/5	② 122.5	③ 124.9	④ 119.0	① 117.0	483.4
fioritura 22/7	③ 117.1	④ 124.7	① 102.7	② 123.6	468.0
raccolta 30/9	④ 123.2	① 114.4	② 119.5	③ 142.9	500.0
	458.6	481.1	458.5	515.3	1913.5
semina 19/4	① 429.9	② 482.6	③ 502.2	④ 498.8	
emergenza 14/5	107.5	120.7	125.6	124.7	
fioritura 22/7					
raccolta 30/9					

1982 significa. a P 0.01 con 400 Kg/ha di K_2O

TABELLA N. 2 — *Prove di concimazione potassica al mais condotte sullo stesso terreno: produzioni in q/ha di granella con 15.5% di umidità.*

Response of corn to potassium: grain yields in q/ha (at 15.5% moisture).

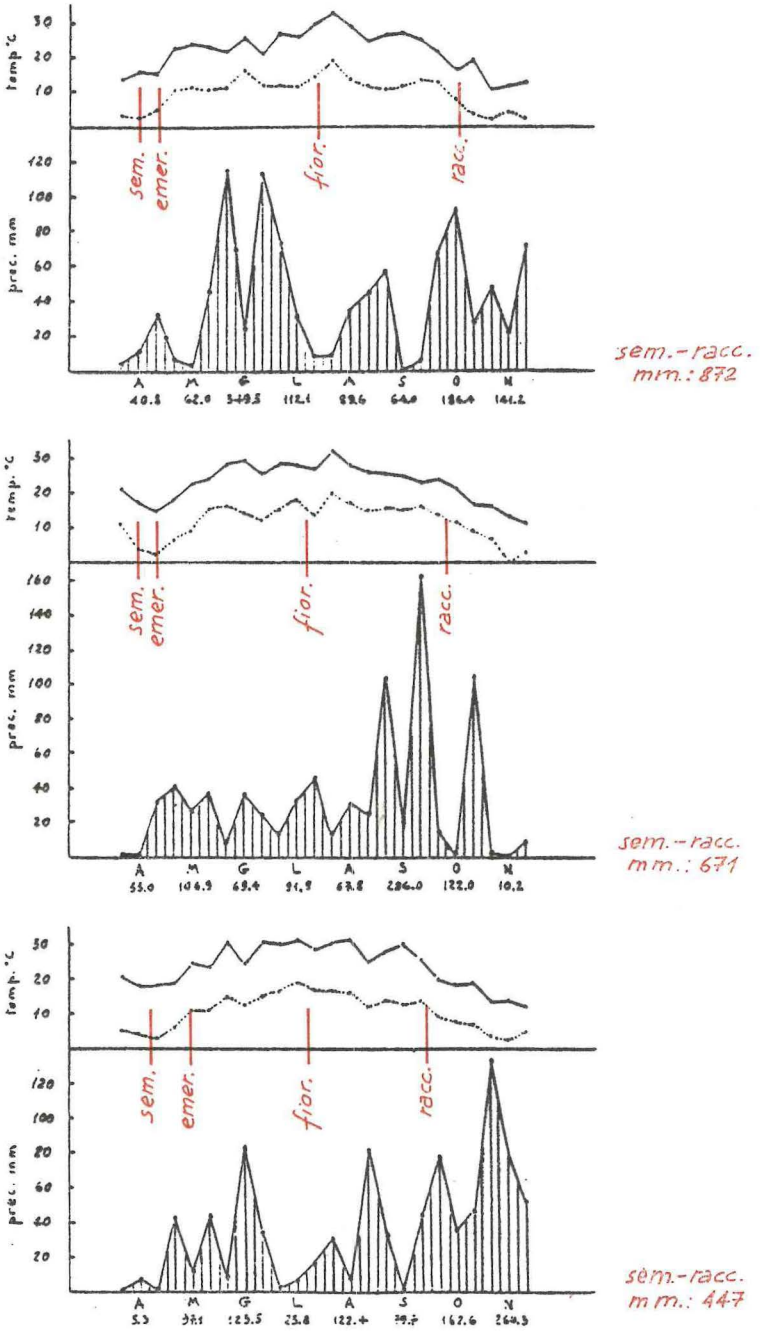

TABELLA N. 3 — *Andamenti termopluviometrici durante le prove condotte nel 1980-1981-1982.*

— il 1980 è stato caratterizzato da forti precipitazioni (dalla semina alla raccolta mm 872) in particolare in giugno-luglio, determinando un certo ritardo nella fioritura;

— nel 1981 le precipitazioni (dalla semina alla raccolta mm 671) sono state ben distribuite, le buone produzioni sono risultate livellate, la raccolta è stata leggermente ostacolata;

— nel 1982 il periodo freddo secco all'emergenza (avvenuta dopo 25 giorni) e il periodo caldo secco alla fioritura sono risultati determinanti, (dalla semina alla raccolta mm 447), anche in zona di risorgiva. Va segnalato in particolare che nelle prove « residui 1981 » e « concimazione 1982 » la fioritura è avvenuta con un ritardo di giorni 5 e 7 rispetto alla fioritura della prova « residui 1980 », condotta, come già precisato, nel tratto di terreno rivelatosi meno sensibile al particolare andamento stagionale.

Composizione minerale delle foglie. Nella tabella 4 vengono riportati i valori degli elementi nutritivi determinati sui campioni di foglie di mais, raccolte alla fioritura (media di quattro ripetizioni per ogni tesi), espressi in % di sostanza secca, ed i valori di alcuni relativi rapporti.

Sulle percentuali dei vari elementi nutritivi riscontrate nelle foglie della stessa varietà di mais, coltivato per tre anni nelle stesse condizioni di investimento e con l'apporto delle stesse quantità e qualità di concimi azotati e fosfatici, possono aver influito non solo le concimazioni potassiche effettuate con apporti di K_2SO_4, ma anche le condizioni climatiche diverse nei tre anni e inoltre le caratteristiche fisiche del terreno, rivelatosi purtroppo non proprio uniforme nel pur limitato tratto di superficie occupata dalle prove.

Nella tabella 5 i valori minimo e massimo di ognuno degli elementi determinati (N, P, S. Cl, K, Na, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn e SiO_2) vengono messi a confronto con i valori riportati in letteratura (1) (15) (19) (20) (21) (22) riscontrati in foglie (ear-leaf) di mais alla fioritura (silking stage), e definiti a seconda dei casi « livelli » critici, deficienti, bassi, adeguati, alti. Nella stessa tabella vengono riportati anche i valori estremi da noi ottenuti dall'analisi delle foglie di due ibridi di mais (XL72A cl 600, Lorena cl 700), coltivati in dieci località diverse del medio Friuli, su terreni calcarei dove vengono ottenute elevate produzioni con forti concimazioni azoto-fosfo-potassiche e, nella maggior parte dei casi, con ripetuti e abbondanti interventi irrigui. Questi valori estremi ottenuti per i vari elementi vengono qui citati per un confronto dei « livelli », livelli che risultano nella generalità adeguati per quasi tutti gli elementi dei campioni esaminati. Fa eccezione lo zolfo, i cui bassi tenori confermano le indicazioni ottenute relativamente a questo elemento dalle prove triennali qui descritte.

TABELLA N. 4 — *Elementi nutritivi nelle foglie di mais alla fioritura* (% di sostanza secca).

Nutrient concentrations in corn ear leaves at silking stage (in % D.M.).

	1980				1981								1982											
	Concimazione potassica				Residui concimazione K 1980				Concimazione potassica				Residui concimazione K 1980				Residui concimazione K 1981				Concimazione potassica			
	Tesi				Tesi				Tesi				Tesi				Tesi				Tesi			
	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④
N	3.51	3.42	3.46	3.44	3.16	3.21	3.16	3.16	3.30	3.14	3.14	3.23	3.62	3.58	3.79	3.56	3.30	3.17	3.43	3.41	3.41	3.36	3.41	3.31
P	0.31	0.30	0.29	0.35	0.28	0.28	0.29	0.29	0.28	0.27	0.27	0.27	0.32	0.30	0.32	0.31	0.31	0.29	0.29	0.30	0.28	0.28	0.27	0.26
S	0.21	0.21	0.24	0.22	0.12	0.14	0.21	0.20	0.17	0.16	0.16	0.19	0.21	0.19	0.20	0.19	0.19	0.15	0.16	0.19	0.20	0.18	0.19	0.19
Cl	0.22	0.23	0.21	0.23	0.21	0.23	0.22	0.21	0.25	0.25	0.23	0.27	0.19	0.19	0.20	0.20	0.33	0.34	0.35	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
K	1.56	1.53	2.08	1.95	1.57	1.65	1.76	1.85	1.69	1.85	1.93	2.01	1.81	1.73	2.01	1.77	1.97	2.01	1.97	2.01	2.00	2.06	2.08	2.08
Na	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.04
Ca	0.77	0.84	0.75	0.78	1.11	1.08	1.07	0.95	0.66	0.75	0.72	0.74	0.99	0.89	0.84	0.81	0.76	0.78	0.77	0.82	0.70	0.69	0.71	0.69
Mg	0.47	0.31	0.25	0.20	0.49	0.42	0.35	0.37	0.40	0.29	0.28	0.30	0.44	0.39	0.41	0.43	0.39	0.39	0.32	0.28	0.32	0.30	0.32	0.23
SiO_2	1.13	1.12	0.99	1.03	1.14	1.12	1.11	0.89	1.13	1.21	1.19	0.96	1.12	1.06	1.20	1.02	0.88	0.88	0.94	0.90	0.94	0.83	0.91	0.86
N/P	11.3	11.4	11.9	9.8	11.3	11.5	10.9	10.9	11.8	11.6	11.6	12.0	11.3	11.9	11.8	11.5	10.6	10.9	11.8	11.4	12.2	12.0	12.6	12.7
N/K	2.3	2.2	1.7	1.8	2.0	1.9	1.8	1.7	2.0	1.7	1.6	1.6	2.0	2.1	1.9	2.0	1.7	1.6	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6
N/S	16.7	16.3	14.4	15.6	26.3	22.9	15.0	15.8	19.4	19.6	19.6	17.0	17.2	18.8	18.9	18.7	17.4	21.0	21.4	17.9	17.1	18.7	17.9	17.4
P/S	1.5	1.4	1.2	1.6	2.3	2.0	1.4	1.5	1.6	1.7	1.7	1.4	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.9	1.8	1.6	1.4	1.6	1.4	1.4
S/P	0.7	0.7	0.8	0.6	0.4	0.5	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.7	0.6	0.7	0.7
Ca/P	2.5	2.8	2.6	2.2	4.0	3.9	3.7	3.3	2.4	2.8	2.7	2.7	3.1	3.0	2.6	2.6	2.5	2.7	2.7	2.7	2.5	2.5	2.6	2.7
Ca/K	0.49	0.55	0.36	0.40	0.71	0.65	0.61	0.51	0.39	0.41	0.40	0.37	0.55	0.51	0.42	0.46	0.39	0.39	0.39	0.41	0.35	0.33	0.34	0.33
Mg/K	0.30	0.20	0.12	0.10	0.31	0.26	0.20	0.20	0.24	0.16	0.15	0.15	0.24	0.23	0.20	0.24	0.20	0.19	0.16	0.14	0.16	0.15	0.15	0.11
$\frac{N + P}{S}$	2.4	2.4	1.8	1.9	2.2	2.1	2.0	1.9	2.1	1.8	1.8	1.7	2.2	2.2	2.0	2.2	1.8	1.7	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7
$\frac{Ca + Mg}{K}$	0.79	0.75	0.48	0.50	1.02	0.91	0.81	0.71	0.62	0.56	0.52	0.52	0.79	0.74	0.62	0.70	0.58	0.58	0.55	0.55	0.51	0.48	0.49	0.44
$\frac{Ca + Mg + K}{N + S + P}$	0.69	0.68	0.77	0.73	0.89	0.87	0.87	0.87	0.73	0.81	0.82	0.83	0.78	0.74	0.76	0.74	0.77	0.88	0.79	0.80	0.78	0.80	0.80	0.80
$\frac{Ca + Mg + K + Na}{N + S + P + Cl}$	0.66	0.66	0.74	0.70	0.85	0.83	0.83	0.83	0.70	0.77	0.78	0.78	0.76	0.72	0.73	0.72	0.76	0.81	0.73	0.74	0.72	0.74	0.74	0.74
Cu mg/kg	15.4	14.8	15.1	14.9	14.7	15.3	14.1	15.9	15.5	16.5	13.7	14.5	16.5	13.5	15.5	14.5	14.5	18.5	13.5	13.5	15.5	13.5	12.5	12.5
Zn mg/kg	35.5	37.5	35.5	37.5	35.7	37.0	36.3	36.8	32.0	31.5	37.0	35.0	36.0	36.5	37.0	36.0	29.0	30.5	39.0	36.5	34.5	34.5	37.5	37.0
Mn mg/kg	48.5	45.0	45.5	41.0	45.0	46.5	42.0	49.0	41.0	49.0	46.5	47.0	49.0	46.5	43.0	45.5	40.5	47.0	49.0	45.5	44.0	46.0	48.5	45.5

TABELLA N. 5 — *Valutazione dello stato nutrizionale di foglie di mais al momento della fioritura.*

Nutrient status and critical values of the ear leaves of mais at the flowering stage.

	Jones 1966	Chapman 1967	da Arnon 1975		da Mengel e Kirkby 1981 (Christensen citato da Gollmick et al. 1970)				Emilia-Romagna Rossi et al.		Friuli-Venezia Giulia Visintini Romanin	
									1972	1976	1980-1981-1982	1982
	livelli adeguati	livelli adeguati	Melsted et al. 1969 livelli critici	Barber e Olson 1968 livelli adeguati	livelli deficienti	livelli bassi	livelli adeguati	livelli alti	livelli adeguati 100-125 qli/ha	livelli adeguati 120-140 qli/ha	sei campi sperimentali 82-141 qli/ha	10 Aziende (media pianura friulana) 92-134 qli/ha
N %	2.76—3.50	2.4—3.7	3.00	2.75—3.25	2	2.0—2.5	2.5—3.5	3.5	2.74—3.10	2.37—2.89	3.14—3.79	3.15—3.68
P %	0.25—0.40	0.20—0.40	0.25	0.25—0.35	0.1	0.1—0.2	0.2—0.5	0.5—0.8	0.20—0.30	0.38—0.46	0.26—0.35	0.27—0.36
S %	—	0.20	—	0.10—0.20	—	—	—	—	0.23—0.29	0.19—0.29	0.12—0.24	0.16—0.27
Cl %	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.19—0.34	0.10—0.35
K %	1.71—2.25	1.70—2.50	1.90	1.75—2.25	1.0	1.0—1.5	1.5—3.0	3.0—5.5	1.46—2.02	2.15—2.77	1.53—2.08	1.45—2.33
Na %	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.02—0.05	0.01—0.02
Ca %	0.21—0.50	0.60	0.40	0.25—0.40	0.1	0.1—0.2	0.2—1.0	1.0	0.56—0.72	0.41—0.65	0.66—1.11	0.42—1.13
Mg %	0.21—0.40	0.17	0.25	0.25—0.40	0.1	0.1—0.2	0.2—1.0	1.0	0.41—0.53	0.16—0.26	0.20—0.49	0.11—0.31
SiO_2 %	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.83—1.20	0.71—1.52
Cu ppm	6—20	9	5	6—20	2	3—5	6—50	50—70	13—17	9—15	12—18	15—70
Zn ppm	20—70	25—100	15	20—70	15	15—20	20—70	70—150	33—45	28—34	29—38	25—35
Mn ppm	20—150	80—120	15	20—150	10	10—20	20—200	200—350	66—86	43—47	40—49	40—60

La quantità di azoto totale, espressa da una percentuale media di N% = 3.36 ± 0.036, val. max 3.79, val. min. 3.14, C_v 5.2, risulta ben più elevata dei valori riportati da Rossi et al (21) (22), per le foglie di mais alla fioritura coltivati in Emilia Romagna. Per il fosforo, rispetto ai valori ottenuti da questi autori, le nostre percentuali presentano in media dati ben più bassi: P% val. max 0.35, val. min. 0.26, val. medio 0.29 ± 0.004, C_v 7.1.

Il contenuto in S presenta i seguenti valori percentuali: max 0.24, min. 0.12, medio 0.186 ± 0.006, C_v 14.7.

La quantità di Cl% risulta in media 0.26 ± 0.012, val. max 0.34, val. min. 0.19, C_v 22.7.

I contenuti in K sono compresi fra un valore max 2.08% e un valore min. 1.53% con un valore medio 1.87 ± 0.036, C_v 9.5, e quelli di Na% fra un val. max di 0.05 e min. di 0.02 con un valore medio 0.037 ± 0.002, C_v 27.5.

La quantità di calcio è espressa da una percentuale media di Ca% = = 0.82 ± 0.027, val. max 1.11, min. 0.66, C_v 15.9, mentre il magnesio presenta i seguenti valori in Mg%: val. max 0.49, val. min. 0.20, val. medio 0.35 ± 0.015, C_v 22.0.

L'effetto del trattamento fertilizzante con K_2SO_4 può venir valutato osservando i dati forniti dall'analisi delle foglie delle varie tesi, per quanto riguarda in particolare il potassio e il magnesio. I contenuti delle foglie in questi due elementi sono stati influenzati in modo sensibile nel 1980 e 1981, mentre le differenze riscontrate nel 1982 sono state di lieve entità. Le quattro tesi presentano i seguenti valori medi per i sei campi di prova: tesi ① K 1.76%, Mg 0.42%, tesi ② K 1.80%, Mg 0.35%, tesi ③ K 1.97%, Mg 0.32%, tesi ④ K 1.94%, Mg 0.30%. Nel bilancio degli ioni non viene ritenuto necessario includere il silicio (8), che risulta presente con i seguenti valori espressi come SiO_2%: max 1.20, min. 0.83, medio 1.02 ± 0.025, C_v 11.8.

Nella tabella 6 vengono riportati i valori degli elementi nutritivi espressi in meq/100g di sostanza secca e alcuni rapporti da essi ottenuti.

Nei tessuti delle piante il bilancio degli ioni viene mantenuto dai cationi inorganici da una parte e dagli anioni inorganici e organici dall'altra. Il rapporto $\frac{Ca + Mg + K + Na}{N + S + P + Cl}$ in meq/100g dovrebbe risultare praticamente costante (1) (19) e nel mais dovrebbe aggirarsi intorno al valore 0.5 (13).

I rapporti cationi/anioni da noi calcolati assumono i seguenti valori: val. max 0.56, val. min. 0.40, val. medio 0.45 ± 0.009, C_v 9.7.

Secondo vari Autori (1) (8) (9) (11) (12) (16) (19) la somma degli equivalenti dei cationi dovrebbe tendere ad un valore costante per una data specie. Le

TABELLA N. 6 — *Elementi nutritivi nelle foglie di mais alla fioritura* (meq/100g sulla sostanza secca).

Nutrient concentrations in corn ear leaves at silking stage (meq/100g D.M.).

	1980				1981								1982											
	Concimazione potassica				Residui concimazione K 1980				Concimazione potassica				Residui concimazione K 1980				Residui concimazione K 1981				Concimazione potassica			
	Tesi				Tesi				Tesi				Tesi				Tesi				Tesi			
	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④
NO^-_3 (da N Kj)	250.6	244.2	247.2	245.7	225.6	229.2	225.6	225.6	235.6	224.2	224.2	230.6	258.5	255.6	270.6	254.2	235.6	226.4	244.9	243.5	243.5	239.9	243.5	236.3
$H_2PO^-_4$	10.0	9.7	9.4	11.3	9.0	9.0	9.4	9.4	9.0	8.7	8.7	8.7	10.3	9.7	10.3	10.0	10.0	9.4	9.4	9.7	9.0	9.0	8.7	8.4
$SO^=_4$	13.1	13.1	15.0	13.7	7.5	8.7	13.1	12.5	10.6	10.0	10.0	10.6	13.1	11.9	12.5	11.9	11.9	9.4	10.0	11.9	12.5	11.2	11.9	11.9
Cl^-	6.2	6.5	5.9	6.5	5.9	6.5	6.2	5.9	7.1	7.1	6.5	7.6	5.4	5.4	5.6	5.6	9.3	9.6	9.3	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6
Σ_A	279.9	273.5	277.5	277.2	247.0	253.4	244.3	253.4	262.3	250.0	249.4	257.5	287.3	282.6	288.7	281.7	266.8	254.8	273.6	274.7	274.6	269.7	273.7	266.2
K^+	39.9	39.1	53.2	49.9	40.2	42.2	45.0	47.3	43.2	47.3	49.4	51.4	46.3	44.3	51.4	45.3	50.4	51.4	50.4	51.4	51.2	52.7	53.2	53.2
Na^+	1.7	2.2	1.7	1.7	2.2	1.7	1.7	2.2	2.2	2.2	1.3	1.7	1.7	1.7	1.3	1.7	1.3	0.9	1.3	0.9	1.3	0.9	0.9	1.7
Ca^{++}	38.4	41.9	37.4	38.9	55.4	53.9	53.4	47.4	32.9	37.4	35.9	36.9	49.4	44.4	41.9	40.4	37.9	38.9	38.4	40.9	34.9	34.4	35.4	34.4
Mg^{++}	38.7	25.5	20.6	16.5	40.3	34.5	28.8	30.4	32.9	23.8	23.0	24.7	36.2	32.1	33.7	35.4	32.1	32.1	26.3	23.0	26.3	24.7	26.3	18.9
Σ_C	118.7	108.7	112.9	107.0	138.1	132.3	128.9	127.3	111.2	110.7	109.6	114.7	133.6	122.5	128.3	122.8	121.7	123.3	116.4	116.2	113.7	112.4	115.8	108.2
K/Ca	1.1	0.9	1.4	1.3	0.7	0.9	0.8	1.0	1.3	1.3	1.4	1.4	0.9	1.0	1.2	1.1	1.3	1.3	1.3	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5
K/Mg	1.0	1.5	2.6	3.0	1.0	1.2	1.6	1.6	1.3	2.0	2.1	2.1	1.3	1.4	1.5	1.3	1.6	1.6	1.9	2.2	1.9	2.1	2.0	2.8
K/Na	23.5	17.8	31.3	29.4	18.3	24.8	26.5	21.5	19.6	21.5	38.0	30.2	27.2	26.1	39.5	26.6	38.8	57.1	38.8	38.8	39.4	58.6	59.1	31.3
Ca/Mg	1.0	1.6	1.8	2.4	1.4	1.6	1.9	1.6	1.0	1.6	1.6	1.5	1.4	1.4	1.2	1.1	1.2	1.2	1.5	1.8	1.3	1.4	1.3	1.8
$\frac{Ca + Mg}{K + Na}$	1.9	1.6	1.1	1.1	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2	1.2	2.8	2.7	2.4	2.6	2.4	2.4	2.3	2.2	2.2	2.1	2.1	1.0
N/P	25.1	25.2	26.3	21.7	25.0	24.4	24.0	24.0	26.0	25.8	25.8	26.5	25.1	26.4	26.3	25.4	23.6	24.1	26.1	25.1	27.1	26.7	28.0	28.1
N/K	6.3	6.3	4.7	4.9	5.6	5.4	5.0	4.8	5.5	4.7	4.5	4.5	5.6	5.8	5.3	5.6	4.7	4.4	4.9	4.7	4.8	4.6	4.6	4.4
$\frac{N + P}{K}$	6.5	6.5	4.8	5.2	5.8	5.6	5.2	5.0	5.7	4.9	4.7	4.7	5.8	6.0	5.5	5.8	4.9	4.6	5.1	4.9	4.9	4.7	4.7	4.6
P/Ca	0.26	0.23	0.25	0.29	0.16	0.16	0.18	0.20	0.27	0.23	0.24	0.24	0.21	0.22	0.25	0.25	0.26	0.24	0.25	0.24	0.26	0.26	0.25	0.24
$\frac{Ca + Mg + K + Na}{N + S + P + Cl}$	0.42	0.40	0.41	0.39	0.56	0.52	0.53	0.50	0.42	0.44	0.44	0.45	0.47	0.43	0.45	0.44	0.46	0.48	0.43	0.42	0.41	0.42	0.42	0.41
NO^-_3 inorg.	4.5	4.7	4.6	4.7	5.2	5.1	5.0	5.2	4.9	5.0	5.1	4.9	4.2	4.2	3.9	4.3	5.0	5.1	4.8	4.8	4.7	5.0	4.7	5.1
$SO^=_4$ inorg.	1.3	1.9	3.1	1.9	ass.	ass.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	1.3	0.6	tr.	tr.	tr.	0.6	ass.	ass.	0.6	1.2	tr.	0.6	0.6
$\Sigma_{A\ inorg}$	22.0	22.8	23.0	24.4	20.1	20.6	20.6	20.5	21.0	20.8	20.3	22.5	20.5	19.3	19.8	19.9	24.3	24.1	23.5	24.7	24.5	23.6	23.6	23.7
C — A inorg.	96.7	85.9	89.9	82.6	118.0	111.7	108.3	106.8	90.2	89.9	89.3	92.2	113.1	103.2	108.5	102.9	97.4	99.2	92.9	91.5	89.2	88.8	92.2	84.5
EB (eccesso di basi)	89.4	79.4	82.3	75.5	115.7	107.3	100.2	99.5	84.5	84.9	84.4	87.8	104.8	95.5	99.9	95.3	90.5	94.9	88.0	85.0	82.6	82.6	85.3	78.3
EB/N	0.36	0.33	0.33	0.31	0.51	0.47	0.44	0.44	0.36	0.38	0.38	0.38	0.41	0.37	0.37	0.37	0.38	0.42	0.36	0.35	0.34	0.34	0.35	0.34

somme dei meq/100g dei cationi presentano i seguenti valori: max 138.1, min 107.0, medio 119.0 ± 1.81, C_v 7.4.

La differenza fra la somma dei cationi C = (Ca^{++} + Mg^{++} + K^+ + + Na^+) e la somma degli anioni inorganici A = (NO^-_3 + SO^{--}_4 + $H_2PO^-_4$ + Cl^-) in meq/100g, considerata « anioni organici » (8) (12) (19), presenta i seguenti valori: max 118.0, min 84.5, medio 96.9 ± 2.03, Cv 10.2.

L'eccesso di basi (EB = (Ca + Mg + K + Na) — (Cl + S + P)) e i rapporti EB/N, calcolati secondo Banwart (2) (3), non risultano influenzati dalla concimazione potassica a parità di apporti di azoto e fosforo.

I valori da noi ottenuti dagli elementi totali espressi in meq/100g sono i seguenti: EB: val max 115.7, val min 78.3, val medio 90.57 ± 2.05, C_v 11.1; EB/N: val max 0.51, val min 0.31, val medio 0.38 ± 0.01, C_v 12.8.

Alcuni rapporti $\left(N/K,\ K/Mg,\ K/Na,\ Ca/Mg\ e\ \frac{Ca + Mg}{K + Na}\right)$ rivelano una certa influenza della concimazione potassica che risulta più accentuata negli appezzamenti in cui sono stati effettuati nell'anno gli apporti concimanti.

Nella tabella 7 oltre agli indici DRIS secondo Beaufils (4) (25) (27), calcolati sulla base delle equazioni di Sumner (28), vengono riportati i risultanti ordini di esigenza degli elementi nutritivi (N, P, K, Ca, Mg, S) riscontrati nelle foglie di mais alla fioritura e le relative produzioni (medie di quattro ripetizioni).

Dall'osservazione dei valori ottenuti si possono ricavare le seguenti indicazioni:

— gli indici relativi all'azoto risultano quasi sempre positivi (da 3 a 8) con due valori intorno allo zero.

— gli indici per il fosforo sono compresi fra —1 e 8;

— gli indici del potassio compresi fra - -9 e 4 sono nettamente influenzati dall'aggiunta dell'elemento con la concimazione;

— il calcio presenta indici positivi compresi fra 2 e 27;

— gli indici per il magnesio passano da positivi (max 14) a negativi (— 15) rivelando una netta influenza della concimazione potassica, più accentuata nelle prove con apporti di potassio nell'anno che in quelle effettuate per la valutazione degli effetti residui;

— gli indici riguardanti lo zolfo sono negativi (da —2 a —42) e risultano quasi sempre al primo posto nell'ordine di necessità dei vari elementi.

Nella tabella 8 vengono riportati i valori dei coefficienti di correlazione lineare semplice tra le produzioni e gli elementi nutritivi delle foglie (N, P, S, Cl, K, Na, Ca, Mg, SiO_2) e tra gli elementi nutritivi fra di loro (20) (21) (22). Nessun elemento è risultato correlato significativamente con la produzione. Sono

TABELLA N. 7 — *Indici DRIS e ordine di necessità degli elementi nutritivi.*

DRIS indices and order of element requirements.

Anno	Tesi	Concimazione aziendale Kg/ha N	Concimazione aziendale Kg/ha P_2O_5	Concimazione prova Kg/ha K_2O	Composizione delle foglie in % N	P	K	Ca	Mg	S	Indici DRIS N	P	K	Ca	Mg	S	Ordine di necessità degli elementi nutritivi	Produzione q.li/ha granella con 15.5% di umidità
1980	①	430	250	0	3.51	0.31	1.56	0.77	0.47	0.21	4	1	—9	3	10	—9	K>S>P>Ca>N>Mg	82.2
	②	»	»	200	3.42	0.30	1.53	0.84	0.31	0.21	5	2	—8	9	—1	—7	K>S>Mg>P>N>Ca	87.7
	③	»	»	400	3.46	0.29	2.08	0.75	0.25	0.24	4	0	0	5	—7	—2	Mg>S>K>P>N>Mg	100.4
	④	»	»	200+200	3.44	0.35	1.95	0.78	0.20	0.22	5	8	0	9	—15	—7	Mg>S>K>N>P>Ca	104.0
1981	①	430	250		3.16	0.28	1.57	1.11	0.49	0.12	5	2	—6	27	14	—42	S>K>P>N>Mg>Ca	118.0
	②	»	»	Residui	3.21	0.28	1.65	1.08	0.42	0.14	5	0	—5	20	7	—27	S>K>P>N>Mg>Ca	124.8
	③	»	»	1980	3.16	0.29	1.76	1.07	0.35	0.21	—1	—1	—5	17	—1	—9	S>K>P>N>Mg>Ca	136.6
	④	»	»		3.16	0.29	1.85	0.95	0.37	0.20	0	0	—3	12	2	—11	S>K>P>N>Mg>Ca	130.3
1981	①	430	250	0	3.30	0.28	1.69	0.66	0.40	0.17	6	2	—3	2	8	—15	S>K>P>Ca>N>Mg	119.3
	②	»	»	200	3.14	0.27	1.85	0.75	0.29	0.16	6	2	1	5	2	—16	S>P>K>Mg>Ca>N	124.3
	③	»	»	400	3.14	0.27	1.93	0.72	0.28	0.16	6	2	3	7	—2	—16	S>Mg>P>K>N>Ca	126.8
	④	»	»	200+200	3.23	0.27	2.01	0.74	0.30	0.19	4	0	2	6	—2	—10	S>Mg>P>K>N>Ca	126.9
1982	①	430	250		3.62	0.32	1.81	0.99	0.44	0.21	3	0	—6	10	5	—12	S>K>P>N>Mg>Ca	123.0
	②	»	»	Residui	3.58	0.30	1.73	0.89	0.39	0.19	5	1	—5	9	3	—13	S>K>P>Mg>N>Ca	130.1
	③	»	»	1980	3.79	0.32	2.01	0.84	0.41	0.20	6	1	—2	5	3	—13	S>K>P>Mg>Ca>N	138.4
	④	»	»		3.56	0.31	1.77	0.81	0.43	0.19	5	2	—4	5	6	—14	S>K>P>N>Ca>Mg	141.4
1982	①	430	250		3.30	0.31	1.97	0.76	0.39	0.19	3	2	0	4	4	—13	S>K>P>N>Mg>Ca	114.7
	②	»	»	Residui	3.17	0.29	2.01	0.78	0.39	0.15	5	2	3	7	6	—23	S>P>K>N>Mg>Ca	117.2
	③	»	»	1981	3.43	0.29	1.97	0.77	0.32	0.16	8	2	2	7	0	—19	S>Mg>P>K>Ca>N	120.0
	④	»	»		3.41	0.30	2.01	0.82	0.28	0.19	5	2	1	8	—4	—12	S>Mg>K>P>N>Ca	120.7
1982	①	430	250	0	3.41	0.28	2.00	0.70	0.32	0.20	5	0	1	3	0	—9	S>P>Mg>K>Ca>N	107.5
	②	»	»	200	3.36	0.28	2.06	0.69	0.30	0.18	6	1	3	4	—1	—13	S>Mg>P>K>Ca>N	120.7
	③	»	»	400	3.41	0.27	2.08	0.71	0.32	0.19	6	—1	3	3	0	—12	S>P>Mg>K>Ca>N	125.6
	④	»	»	200+200	3.31	0.26	2.08	0.69	0.23	0.19	7	0	4	6	—8	—9	S>Mg>P>K>Ca>N	124.7

TABELLA N. 8 — *Coefficienti di correlazione (r) tra la produzione e gli elementi minerali delle foglie di mais e gli elementi minerali fra di loro.*

Correlation coefficients (r) between grain yield and nutrients of mais leaf samples.

	N	P	S	Cl	K	Na	Ca	Mg	SiO_2
Produzione	— 0.075	— 0.212	— 0.296	— 0.073	0.254	— 0.123	0.231	0.117	— 0.012
N	—	0.605 (* *)	0.522 (* *)	— 0.218	0.063	— 0.170	— 0.121	0.146	0.112
P		—	0.469 (*)	— 0.379	— 0.152	0.014	0.186	0.157	0.154
S			—	— 0.189	0.207	0.032	— 0.211	— 0.314	— 0.128
Cl				—	0.606 (* *)	— 0.674 (**)	— 0.543 (**)	— 0.386	— 0.738 (**)
K					—	— 0.667 (**)	— 0.554 (**)	— 0.617 (**)	— 0.626 (**)
Na						—	0.357	0.194	0.530 (**)
Ca							—	0.524 (**)	0.359
Mg								—	0.342
SiO_2									—

(**) Sign. a P 0.01
(*) Sign. a P 0.05.

risultate significative e positive le correlazioni N-P, N-S, P-S, Cl-K, Na-SiO_2, Ca-Mg; significative e negative le correlazioni Cl-Na, Cl-Ca, Cl-SiO_2, K-Na, K-Ca, K-Mg, K-SiO_2.

Zolfo nel terreno, nelle foglie e nella granella di mais. La quantità di zolfo totale presente nei terreni in forma organica e inorganica è estremamente variabile in dipendenza di vari fattori: formazione del suolo; quantità di materiali argillosi e di sostanza organica; tipo di concimi minerali usati; trattamenti con insetticidi e fungicidi solforati; apporti con le precipitazioni, con l'acqua di irrigazione e con fumi da zone industriali e da grossi agglomerati urbani.

Le perdite di zolfo, dovute alla utilizzazione delle colture, al dilavamento in terreni ben drenati e all'erosione, possono risultare anche considerevoli e le deficienze sono più facilmente riscontrabili in terreni sabbioso-limosi calcarei, poveri di sostanze organiche.

Il terreno sul quale sono state condotte le nostre prove si è rivelato povero di zolfo. Le forme di zolfo, determinate secondo i metodi usati per una ricerca (in attesa di stampa) relativa ai contenuti di zolfo di alcuni terreni della Regione Friuli-Venezia Giulia (7), sono i seguenti, espressi in S per mille: totale 0.236, organico totale 0.229, inorganico totale 0.007, inorganico adsorbito assente, organico HI riducibile 0.218, legato al carbonio 0.011.

E' noto che le graminacee hanno basse necessità di zolfo relativamente ad altre colture più esigenti come leguminose e crucifere, ma lo sviluppo delle radici del mais può essere influenzato da una accentuata deficienza di zolfo, la quale può inoltre determinare ritardi nella maturazione e minor resistenza alle avversità.

Il livello critico per il mais secondo vari Autori (1) (19) si rivela con un contenuto di 0.19% di S nelle foglie alla fioritura.

Un rapporto fra azoto totale e zolfo totale (N/S) > di 12-15 indicherebbe (1) che lo S è presente in quantità limitante per una equilibrata formazione delle proteine.

I valori di N/S da noi ottenuti, per le foglie di mais alla fioritura, sono i seguenti: val max 26.3, val. min 14.4, val medio 18.4 $\pm$ 0.54, C_v 14.4.

Azoto e Zolfo, fattori limitanti nella sintesi di determinati aminoacidi, sono necessari in quantità maggiore per la sintesi delle proteine che per ottenere elevate produzioni. Va segnalato il fatto che apporti considerevoli di potassio come cloruro possono determinare forti assorbimenti di cloro con conseguente riduzione di solfati nella pianta, per la necessità di mantenere costante il rapporto cationi/anioni assorbiti. In terreni poveri di zolfo l'aggiunta di forti dosi di cloruri può accentuare l'inefficienza dell'elemento (19) (24).

La presenza di $S\text{-}SO_4^{--}$ in forma ionica nei tessuti delle piante, indicherebbe uno stato di sufficienza di solfati (8); in vari campioni di foglie da noi esaminate l'SO_4^{--} inorganico è risultato assente.

Gli indici DRIS da noi calcolati per lo zolfo sono risultati sempre negativi (v. tabella 7) e quasi sempre al primo posto nell'ordine di necessità per i sei elementi determinati. Va segnalato un certo effetto dell'apporto di zolfo conseguente alla concimazione potassica a base di K_2SO_4.

A carattere indicativo, nella tabella 9 vengono riportati i valori di N% e S% (medi di quattro ripetizioni) dei campioni di granella di mais ottenuti con dose zero di K_2O e di S e dose 400 Kg/ha di K_2O e 136 Kg/ha di S in un'unica soluzione, dai sei campi condotti nei tre anni di prove. Nei contenuti di azoto dei vari campioni si riscontrano differenze trascurabili; lo zolfo nella granella delle parcelle trattate aumenta in ragione del 38.7% nel campo concimato 1980, del 38% nel campo concimato 1981 e del 20.5% nella granella del campo condotto per la valutazione dei residui 1980, del 27.9% nella granella del campo concimato nel 1982, del 64.3% in quella ottenuta con i residui 1980 e del 5.6% in quella proveniente dal campo residui 1981.

L'Istituto di Chimica Agraria dell'Università di Bologna (Pallotta, Sandri, Casalicchio, Rossi, Antoniani e altri) si è dedicato nell'arco di molti anni a ricerche sistematiche sul contenuto di zolfo nei terreni italiani ed è stata individuata l'esistenza di aree con contenuti di zolfo « assimilabile » (estr. con $NaHCO_3$ 0.5 M, pH 8.5 sec. Kilmer e Nerpass) inferiori alla soglia definita di sufficienza, in base ai livelli ritenuti ottimali per il normale sviluppo delle colture agrarie. Nell'esaminare (1979) le quantità di zolfo apportate al suolo con i fertilizzanti nel periodo 1955-1974 sono arrivati alla conclusione che la diminuzione del rapporto S/P nei concimi potrà portare alla necessità di zolfo in varie zone.

Interessanti studi vengono condotti presso l'Università di Padova (Ferrari, Cacco, Saccomani) sull'interazione dei vari elementi a livello radicale. Negli ibridi di mais esisterebbe una stretta correlazione tra assorbimento dei solfati e produttività (1980), assorbimento condizionato per esempio da accessiva disponibilità di fosforo, fornito oltre una certa quantità dall'esterno.

Una somministrazione eventuale di zolfo deve essere valutata tenendo presente il tipo di concime e le quantità da somministrare, non solo a seconda della coltura ma anche dell'epoca di spargimento in funzione delle caratteristiche fisico-chimiche del suolo e climatiche della zona.

Il mancato apporto di concimi organici, gli eccessivi apporti di concimi minerali privi di zolfo, la mancanza di rotazione, le forti variazioni nel contenuto idrico di terreni calcarei sabbio-limosi possono determinare squilibri nella nutrizione di mais spinti a forti produzioni.

TABELLA N. 9 — *Azoto e Zolfo nella granella di mais* (%di sostanza secca).

Nitrogen and sulphur in corn grain (in % D.M.).

	1980		1981				1982					
	1° Campo		2° Campo		Residui 1980 (1° C.)		3° Campo		Residui 1980 (1° C.)		Residui 1981 (2° C.)	
	S come K_2SO_4 Kg/ha		S come K_2SO_4 Kg/ha		S come K_2SO_4 Kg/ha		S come K_2SO_4 Kg/ha		S come K_2SO_4 Kg/ha		S come K_2SO_4 Kg/ha	
	0	136	0	136	0	136	0	136	0	136	0	136
	Prod. qli/ha		Prod. qli/ha		Prod. qli/ha		Prod. qli/ha		Prod. qli/ha		Prod. qli/ha	
	82.2	104.0	119.3	126.9	118.0	130.3	107.5	124.7	123.0	141.4	114.7	120.7
Azoto N%	1.49	1.52	1.47	1.54	1.54	1.58	1.58	1.58	1.44	1.45	1.47	1.54
Zolfo S%	0.062	0.086	0.079	0.109	0.083	0.10	0.043	0.055	0.042	0.069	0.036	0.038
N/S	24.0	17.7	18.6	14.1	18.6	15.8	36.7	28.7	34.3	21.0	40.8	40.5

Le future ricerche verranno impostate per trovare conferma alle indicazioni finora ottenute, in particolare relativamente agli elementi potassio, magnesio e zolfo in funzione di elevati apporti di azoto e fosforo.

Considerazioni conclusive

Le prove di concimazione potassica al mais, condotte per tre anni su un terreno calcareo della media pianura friulana normalmente concimato con forti dosi di azoto e fosforo per ottenere alte produzioni, hanno dato modo di confermare la necessità dell'apporto di potassio, di valutare la possibilità di eventuali effetti residui e di mettere in evidenza, con l'analisi fogliare, il comportamento di alcuni ioni.

Le percentuali degli elementi nutritivi (N, P, S, Cl, K, Na, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn) ottenute dalle foglie di uno stesso ibrido di mais, raccolte al momento della fioritura, possono essere giudicate nella generalità a « livelli adeguati » ad eccezione delle zolfo.

Il rapporto cationi/anioni assorbiti presenta i seguenti valori max 0.56, min. 0.40, medio 0.45 $\pm$ 0.009, C_v 9.7.

Le somme dei cationi e anioni in meq/100g sono le seguenti: Cationi (K + + Na + Ca + Mg): val max 138.1, val. min. 107.0, val. medio 119.0 $\pm$ 1.81, Cv 7.4. Anioni (N + P + S + Cl): val max 288.7, val. min 244.3, val medio 267,5 $\pm$ 2.73, Cv 5.0. Anioni inorganici ($N\text{-}NO_3^-$ + $S\text{-}SO_4^{--}$ + $H_2PO_4^-$ + + Cl): val min 19.3, val medio 22.1 $\pm$ 0.37, Cv 8.2. Dagli indici DRIS, calcolati con i valori medi percentuali dei singoli elementi delle sei prove condotte (sullo stesso appezzamento di terreno) nei tre anni (con andamenti stagionali diversi), si ottengono, per le quattro tesi, gli ordini di necessità riportati nella tabella 10, i quali confermano quanto segue:

— le quantità di azoto fornite sono da ritenere nella generalità elevate;

— le quantità di fosforo sono sufficienti;

— la concimazione potassica è necessaria (come risulta anche dalle prove di campagna significative a P 0.01);

— 200 Kg/ha di K_2O risultano insufficienti;

— 400 Kg/ha, forniti tanto in una che in due soluzioni, possono determinare squilibri nell'utilizzazione del magnesio e provocare deficienze di questo elemento, che possono venir accentuate da forti applicazioni di azoto sotto forma ammoniacale;

— l'apporto di zolfo con la concimazione potassica a base di K_2SO_4 abbassa gli indici di necessità per questo elemento.

TABELLA N. 10 — *Composizione media delle foglie alla fioritura per ognuna delle tesi* (1980-1981-1982) *e relativi indici DRIS*

Mean composition of ear leaves at silking stage for every thesis (1980-1981-1982) *and DRIS indices.*

	Concimazione			Composizione delle foglie in %						Indici DRIS						Ordine di necessità degli elementi nutritivi	Produzione q.li/ha granella con 15.5% di umidità (dati medi)
	aziendale Kg/ha		prova Kg/ha														
	N	P_2O_5	K_2O	N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S		
Tesi ①	430	250	0	3.38	0.30	1.77	0.83	0.42	0.18	4	2	—4	7	6	—15	S>K>P>N>Mg>Ca	110.8
Tesi ②	430	250	200	3.31	0.29	1.81	0.84	0.35	0.17	5	2	—1	9	2	—17	S>K>P=Mg>N>Ca	117.5
Tesi ③	430	250	400	3.40	0.29	1.97	0.81	0.32	0.19	5	1	0	7	—1	—12	S>Mg>K>P>N>Ca	124.6
Tesi ④	430	250	200+200	3.35	0.30	1.95	0.80	0.30	0.20	4	2	0	7	—3	—10	S>Mg>K>P>N>Ca	124.7

Gli indici DRIS risultano infatti sempre positivi per l'azoto, per il fosforo e per il calcio, sempre negativi per lo zolfo i cui valori assoluti tendono a diminuire con gli apporti più elevati di potassio solfato.

Per quanto riguarda potassio e magnesio vanno osservati i singoli valori medi degli indici DRIS delle varie tesi. ① Controllo: potassio —4 e magnesio + 6; ② 200 Kg/ha di K_2O: potassio —1 e magnesio + 2; ③ 400 Kg/ha di K_2O in una soluzione: potassio O e magnesio — 1; ④ 400 Kg/ha di K_2O in due soluzioni: potassio O e magnesio — 3.

Questi risultati ci hanno spinto ad allargare le ricerche e le future prove, in parte condotte nel 1982, ci forniranno i dati necessari ad una più completa valutazione del sistema di diagnosi e raccomandazione.

RIASSUNTO

Sono state condotte per tre anni prove di concimazione potassica, su un terreno alluvionale calcareo della pianura friulana (Italia N-E), con lo scopo di valutare le possibili relazioni fra caratteristiche del terreno, produzioni e composizione fogliare del mais.

Sulle foglie dell'infiorescenza femminile raccolte alla fioritura sono stati determinati gli elementi minerali (N, P, K, Ca, Mg, S, SiO_2, Cu, Zn, Mn); calcolati i relativi rapporti, i bilanci anioni-cationi e gli indici DRIS secondo Beaufils, per ottenere indicazioni sull'ordine di necessità dei vari elementi.

Le quantità di azoto fornite sono da ritenere elevate, le dosi di fosforo sufficienti, le disponibilità di zolfo insufficienti.

La concimazione potassica è risultata necessaria per ottenere alte produzioni, ma a dosi elevate può determinare squilibri nell'utilizzazione del magnesio.

SUMMARY

Triennial field researches and potassium fertilization experiments were carried out on a calcareous soil of N-E Italy (Friuli-Venezia G.) in order to study the relationship among soil characteristics, corn grain yields and leaves chemical composition.

On corn ear leaves at silking stage N, P, K, Ca, Mg, S, SiO_2, Cu, Zn, Mn, were determined. Ratios, cation-anion balances, correlations among nutrients and Beaufils indices DRIS were calculated.

The indices of Beaufils approach reflects the degree of nutrients imbalance and the results of greater interest are: nitrogen fertilization was always abundant, phosphorus added was sufficient, sulphur was always deficient. Potassium fertilization significantly increased corn yields, but high application of potassium salts may induce magnesium deficiency.

BIBLIOGRAFIA

[1] ARNON, I., Mineral nutrition of maize. International Potash Institute. Bern, Switzerland 1975.

[2] BANWART, W.L., PIERRE, W.H., Cation-Anion balance of field-grown crops. I. Effect of nitrogen fertilization. Agron. Journ. 67: 14-19, 1975.

[3] BANWART, W.L., PIERRE, W.H., Cation-Anion balance of field-grown crops. II. Effect of P and K fertilization and soil pH. Agron. Journ. 67: 20-25, 1975.

[4] BEAUFILS, E.R., Plant/Soil/Environment calibration (DRIS) 4th Intern. colloquium on the control of plant nutrition Vol. I. Gent 6-11 Sept. 1976.

[5] BREMNER, J., IN BLACK, C.A. et al edit.: Methods of soil analysis, 2 Amer. Soc. Agron., Madison 1965.

[6] CACCO, G., FERRARI, G., SACCOMANI, M., Pattern of sulfate uptake during root elongation in maize: its correlation with productivity. Physiol. Plant. 48: 375-378, 1980.

[7] CANDUSSIO, R., VISINTINI ROMANIN, M., Le forme di zolfo nei terreni della Regione Friuli-Venezia Giulia (in preparazione).

[8] DIJKSHOORN, W., The relation of growth to the chief ionic constituents of the plant. Ecological aspects of the mineral nutrition of plant. Ed. Rorison, J.H., 1968.

[9] DIJKSHOORN, W., Partition of ionic constituents between organs. Recent Advances in plant nutrition vol. 2, Ed. Samish, R.M., 1971.

[10] FREGONI, M., Nutrizione e fertilizzazione della vite. Edagricole 1980.

[11] GAUCH, H.G., Inorganic plant nutrition. Dowden, Hutchinsons & Ross, Inc. Stroudsburg. Pa. 1972.

[12] KIRKBY, E.A., Ion uptake and ionic balance in plants in relation to the form of nitrogen nutrition. Ecological aspects of the mineral nutrition of plants. Ed. Robinson, I.A., Blakwell Sci. Publ. Oxford, Edimburgo 1969.

[13] KIRKBY, E.A., « Recycling of potassium in plants considered in relation to ion uptake and organic acid accumulation. Plant Analysis and fertilizer problems ». Ed. Wehrmann. Hanover 1974.

[14] JOHNSON, C.M., NISHITA, H., « Microestimation of sulfur in plant materials, soils and irrigation water ». Analytical Chemistry vol. 24, 4: 736-742, 1952.

[15] JONES, J.B. JR., ECK, H.W., « Plant analysis as on aid in fertilizing corn and grain sorghum ». In Soil testing and plant analysis: Ed. Walsh, L.M., Beaton, J.D. SSSA Inc. USA 1973.

[16] LONÉ, A., « Les teneurs critiques en potassium dans les diagnostics de nutrition de plantes de grande culture » Vol. II. Atti Coll. Int. sul controllo della nutrizione delle piante coltivate. Ist. Prof. di Stato per l'Agric. Castelfranco Veneto (Treviso) 1980.

[17] MAZOYER, R., « L'ionométrie: ses possibilités d'application au dosage de l'azote nitrique et de l'azote ammoniacal en agronomie ». Ann. Agron. 23, 6: 673-684, 1972.

[18] MENGEL, K., KIRKBY, E.A. « Potassium in crop production ». Adv. in Agron. vol. 33, Academic Press 1980.

[19] MENGEL, K., KIRKBY, E.A. « Principles of plant nutrition. International Potash Institute », Bern, Switzerland 1982.

[20] PROHASZKA, K., CSERNI, I., « Nutrient content studies in maize and rye plants by means of leaf analysis on montle sond soils between the Danube and Tisza » 4th International Colloquium on the control of plant nutrition. Ed. Cottenie vol. II Gent 6-11 Sept 1976.

[21] ROSSI, N., CASALICCHIO, G., PALLOTTA, U., « Sulla diagnostica fogliare del mais (Zea mas L.) da granella » 3° Coll. Europeo e Mediterraneo sul controllo della nutrizione delle piante coltivate. Budapest 4-10 Sett. 1972.

[22] Rossi, N., « Nutritional status of high yield corn. » 4th Intern. colloquium on the coltrol of plant nutrition. Vol. II. Ed. Cottenie. Gent 6-11 Sept. 1976.

[23] Sanchez-Monge, E., « Corn manuring under Mediterranean conditions ». Potassium, Symposium. International Potash Institute, Ben, Switzerland 1962.

[24] Simon-Sylvestre, G., « Les composés du soufre du sol et leur évolution, rapports avec la microflore, utilisation par les plantes ». Ann. Agronomiques 3: 309-330, 1960.

[25] Sumner, M.E., « An evaluation of Beaufils' phusiological diagnosis tecnique for determining the nutrient requirement of crops ». Plant Analysis and Fertilizer problems Ed. Wehrmenn. Hanover 1974.

[26] Sumner, M.E., « Preliminary N, P, and K foliar diagnostic norms for soybeans ». Agronomy Journal vol. 69, 226-230, 1977.

[27] Sumner, M.E., « Application of Beaufils' diagnostic indices to maize data published in the literature irrespective of age and conditions ». Plant and Soil 46, 359-369, 1977.

[28] Sumner, M.E., « Diagnosing the sulfur requirements of corn and weat using foliar analysis ». Soil Sci. Soc. Am. J. 45: 87-90, 1981.

[29] Terman, G.L., Allen, S.E., « Accretion and dilution of nutrients in Young corn, as affected by yield response to nitrogen, phosphorus and potassium ». Soil Sci. Soc. Am. Proc. vol. 38, 455-460, 1974.

[30] Tisdale, S.L., Nelson, W.I., « Soil fertility and fertilizers ». Macmillan Co. 1975.

[31] Vari, « Atti del 5° Colloquio internazionale sul controllo della nutrizione delle piante coltivate ». Vol. I e II. Istituto Prof. di Stato per l'Agric. Castelfranco Veneto (Treviso) 1980.

[32] Vereecke, M., Van Maercke, D., « Influence of mineral nutrition on cauliflowes in relation with leaf analysis, yield and curd quality ». 4th International Colloquium on the Control of Plant Nutrition, Vol. I. Ed. Cottenie, A., Gent 6-11 Sept. 1976.

Tipografia del Genio Civile - Via Nomentana 10-12 - Roma Tel. 85.90.75 - 86.27.30